

**Rotor blade vibration detection arrangement for wind power plant**

**Patent number:** DE19847982  
**Publication date:** 1999-06-10  
**Inventor:** BOEHMEKE GEORG DIPL ING (DE)  
**Applicant:** AERODYN ENG GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: G01H1/00; G01B21/32; G01M7/02; F03D11/00  
- european: F03D1/06C2; F03D11/00; G01B5/30; G01B7/16;  
G01H1/00B  
**Application number:** DE19981047982 19981017  
**Priority number(s):** DE19981047982 19981017; DE19972020741U  
19971122

**Report a data error here**

**Abstract of DE19847982**

The arrangement includes sensors (18) in the root area of the rotor blades, which detect peak loads on the basis of vibrations or other over-loading, whereby the relative position of two places on a hub or in the leaf is determined through a linear element (20), and a position sensor detecting its shift. The linear element records determined stretching in the rotor plane through a corresponding arrangement in the rotor plane, so that certain hazardous vibration forms are selectively detectable. The linear element is preferably a rod from fiber-glass material with a similar temperature extension coefficient as the rotor wall.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 47 982 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 H 1/00**  
G 01 B 21/32  
G 01 M 7/02  
F 03 D 11/00

⑦1 Aktenzeichen: 198 47 982.4  
⑦2 Anmeldetag: 17. 10. 98  
④3 Offenlegungstag: 10. 6. 99

D2

DE 198 47 982 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
297 20 741. 5      22. 11. 97  
⑦1 Anmelder:  
aerodyn Engineering GmbH, 24768 Rendsburg, DE  
⑦4 Vertreter:  
BOEHMERT & BOEHMERT, 24105 Kiel

⑦2 Erfinder:  
Böhmeke, Georg, Dipl.-Ing., 24768 Rendsburg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur Erfassung von Schwingungen der Rotorblätter einer Windkraftanlage

⑤7 Vorrichtung zur Erfassung von Schwingungen der Rotorblätter einer Windkraftanlage mit Sensoren im Wurzelbereich der Rotorblätter, die Belastungsspitzen aufgrund von Schwingungen oder sonstigen Überlastungen erfassen, indem die relative Lage zweier Orte an einer Nabe oder im Blatt durch ein Linearelement und einen dessen Verlagerung erfassenden Positionssensor bestimmt wird.

DE 198 47 982 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung von Schwingungen der Rotorblätter oder sonstiger Überlastung der Struktur einer Windkraftanlage.

An den Rotorblättern von Windkraftanlagen sind in den letzten Jahren vermehrt Schäden durch Schwingungen in der Rotordrehebene aufgetreten. Diese Schwingungen werden durch aeroelastische Phänomene hervorgerufen.

Bei neuentwickelten Rotoren wird daher versucht, durch aerodynamische Gegenmaßnahmen Abhilfe zu schaffen.

Da jedoch erhebliche Mengen von Rotorblättern bereits installiert sind, werden diese zunehmend mit Schwingungs-Meßeinrichtungen ausgerüstet, die bei Auftreten des besagten Schwingungsphänomens die Anlagen zum ausschalten veranlassen.

Bekannte Schwingungs-Meßgeräte sind zum einen Beschleunigungsaufnehmer in den Blattspitzen, die jedoch den Nachteil aufweisen, daß eine Leitung von der Nabe zum Beschleunigungsaufnehmer parallel zu einem Blitzstromableiter im Rotorblatt verläuft, so daß bei Blitzschlag erhebliche Störspannungen eingestreut werden, die die Sensoren gefährden.

Weiter sind diese Leitungen an bestehenden Anlagen schwer nachrüstbar, da man zum Einbringen eines Kabels in das Blatt die Struktur aufsägen und wieder verschließen muß.

Schließlich jedoch wird dadurch, daß der Sensor aus Gründen eines starken Ausgangssignals nur in der Nähe der Blattspitzen zu verwenden ist, im gleichen Maße auch die dort anzutreffende heftige Störbewegung detektiert, aus der das Nutzsignal wieder herausgefiltert werden muß.

Eine Alternative besteht in der Anbringung von Dehnmeßstreifen (DMS) in der Blattwurzel. Diese haben gegenüber Beschleunigungsaufnehmern sogar den Vorteil, daß sie sich gegen Störspannungen abschirmen lassen und in erreichbarer Nähe von der Nabe sind, haben jedoch dadurch, daß das Anbringen der DMS über eine Klebschicht von definierter Dicke und hoher Festigkeit erfolgen muß, den Nachteil, daß eine solche Klebstelle handwerklich nur sehr aufwendig an bestehenden Rotorblättern nachzurüsten ist. Zudem ist die Ausfall-Wahrscheinlichkeit derartiger Klebstellen relativ hoch.

Zum anderen ist jedoch das Ausgangssignal der DMS sehr klein und muß von einem empfindlichen DMS-Verstärker verarbeitet werden. Die Anordnung wird dadurch Störspannungs-empfindlich, auch wenn die Verkabelungswege kurz sind.

Aufgabe der Erfindung ist daher, die Schwingungen mit einer kostengünstigen, leicht installierbaren, empfindlichen Vorrichtung zu erfassen.

Durch eine Vorrichtung mit dem Merkmal des Anspruchs 1 wird diese Aufgabe gelöst, wobei sich noch weitere Vorteile realisieren lassen. Durch das Linearelement und seine geometrische Anordnung lassen sich Dehnungen gezielt in der Rotordrehebene erfassen und bestimmte Schwingungsformen selektiv erfassen.

Insbesondere wird die Dehnung der Rotorwandung als Maß für die Durchbiegung der Blätter genommen, indem ein an einem Halteklötzchen befestigter Stab und ein ebenso befestigter Abstandssensor an einem anderen Halteklötzchen im Inneren der Blattwandung befestigt werden, so daß sich die Dehnung des durch die Halteklötzchen umfassenden Bereiches auf einen Luftspalt am Wegaufnehmer des Abstandssensors überträgt. Durch geeignete Wahl des Materials des Stabes lassen sich Wärmeausdehnungen kompensieren.

Wenn man einen fertig erhältlichen induktiven Abstandssensor verwenden will, sollte der Stab jedoch entweder aus

Stahl sein oder zumindest ein ferromagnetisches Plättchen an seinem Ende tragen. Bei typischen Dehnungen der Rotorblattwandung von 0,1% reicht eine Stablänge von 30 bis 50 cm zumeist aus, um ein gut auswertbares Signal am Wegaufnehmer zu erhalten.

Durch diese Anordnung ergeben sich gegenüber den zuvor beschriebenen Meßverfahren die Vorteile, daß die Anordnung sich an unebenen Flächen anbringen läßt, da eine Qualität der Klebefugen nicht das Meßergebnis beeinflusst. Diese Klötze können – sofern zulässig – auch durch Schrauben angebracht oder gesichert werden, dadurch ist die Anordnung handwerklich unkritisch und auch nachträglich leicht zu installieren.

Im Gegensatz zu DMS wird nun die Dehnung eines größeren Bereiches erfassbar, so daß lokale Dehnungsüberhöhungen ausgemittelt werden. Zudem kann das Ausgangssignal des Sensors im Bereich mehrerer Volt liegen oder wahlweise mit einem Stromausgang im Bereich von einigen mA. Diese Signale sind durch ihre Größe und "Härte" störspannungs-unempfindlich.

Im Gegensatz zu DMS läßt sich dieser Sensor komplett abschirmen, indem geschirmtes Kabel verwendet wird und an das Metallgehäuse des Sensors angeschlossen wird. Als Sensor zur Erfassung der Dehnung läßt sich auch ein handelsüblicher induktiver Wegsensor verwenden.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung durch den Schnitt einer Nabe mit jeweils geschnitten dargestellten Rotorblattwandungen an der Wurzel,

Fig. 2 eine Detaildarstellung des mit "A" bezeichneten Bereichs einer Rotorwandung aus der Fig. 1,

Fig. 3 eine Detaildarstellung einer alternativen Ausführungsform zu Fig. 2,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, und

Fig. 5 eine Detaildarstellung des mit "B" bezeichneten Bereichs an einer Nabe aus der Fig. 4.

Bei einer in der Fig. 1 dargestellten Anbringung der Vorrichtung an der Innenseite eines Rotorblattes 10 im Bereich der Wurzel werden die an dieser Stelle naturgemäß zuerst auftretenden Spannungen überwacht werden können. Allerdings wird vorgeschlagen die Vorrichtung – anders als dargestellt – noch ein Stück weiter im Blatt inneren anzuordnen, etwa dort, wo das Bezugszeichen 10 vorgesehen ist. Ein derartiger Sensor ist in der Fig. 2 näher erläutert.

Bezugszeichen 14 zeigt dabei die Blattwandung, auf der mit Hilfe einer Klebefuge 16 zwei Klötze 12 befestigt werden. Der eine Klotz trägt dabei einen Stab 20, dessen Endbereich metallisch, beispielsweise mit einem metallischen Plättchen 24 ausgeführt wird. Vor diesem Endbereich ist nun in dem zweiten Halteklötzchen 12 ein Abstandssensor 18 angeordnet.

Dieser Sensor kann bei einem Meßbereich von zum Beispiel von 1 mm in die Mitte seines Bereiches justiert werden. Abweichungen seines Ausgangssignals, die bleibenden Verformungen von mehr als 2 mm entsprechen, können von der nachgeschalteten Elektronik dann sofort als mechanischer Defekt ausgewertet werden. Dadurch ist eine einfache und zuverlässige Selbstprüfung der Meßeinrichtung möglich.

Die mechanische Meßeinrichtung mit Halteklötzchen 12 und Stab 20 gibt zudem die Möglichkeit, zusätzlich einen einfachen Schalter anzubringen, der bei Extrembelastungen die Anlage zur Abschaltung veranlaßt. Bei genügender Stablänge sind die Relativbewegungen im Bereich der Schaltwege eines präzisen Mikroschalters. Damit ist zusätzlich eine robuste und zuverlässige Überlastungs-Anzeige mög-

lich.

Sofern der Stab eine Klebefuge überspannt, wird zudem automatisch das Lösen der Klebefuge mit überwacht, was weder mit DMS noch mit Beschleunigungsaufnehmern möglich wäre. Als Material wird glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) mit möglichst dem Material der Rotorblätter gleichem Wärmedehnungs-Koeffizienten vorgeschlagen.

In einer in der Fig. 3 dargestellten zweiten Ausführungsform der Erfindung wird statt eines Stabes als ein die beiden Befestigungspunkte verbindendes Linearelement ein Stahldraht 22 verwendet, der mit einem Federelement 26 in eine gewinkelte Stillstandsposition verbracht wird. Durch dann etwa auftretende Positionsveränderungen zwischen den Halteklötzen 12 wird der Weg am Sensor 18, der nun im Bereich der Mitte angeordnet ist, vergrößert.

Selbstverständlich kann der Stahldraht auch gerade gespannt werden, so daß er der ersten Ausführungsform ähnelt, indem an einem Anbringungsort über eine Spannfeder angekoppelt wird.

Schließlich wird in Fig. 4 eine weitere Möglichkeit der Anbringung der Dehnungssensor-Vorrichtung dargestellt. Diese kann insbesondere bei Sternnaben von Rotoren außen angebracht werden und zwei Blattanschlüsse miteinander verbinden, so daß deren Relativbewegung ausgewertet wird. Dabei kann entweder im Wurzelbereich der Rotorblätter angesetzt werden, oder bei Sternnaben die Deformation der Nabe von einem Wurzelbereich eines Rotorblattes zum nächsten überprüft werden, wie dies in dem Bereich "B" dargestellt ist. Der dortige Wegsensor 28 kann ggf. gleichzeitig einen Draht 22 spannen.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearelement (20; 22) zwei Orte jeweils im Wurzelbereich verschiedener Rotorblätter jeweils auf der Außenwandung einer Sternnabe verbindet.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung von Schwingungen der Rotorblätter einer Windkraftanlage, gekennzeichnet durch Sensoren (18, 28) im Wurzelbereich der Rotorblätter, die Belastungsspitzen aufgrund von Schwingungen oder sonstigen Überlastungen erfassen, indem die relative Lage zweier Orte an einer Nabe oder im Blatt durch ein Linearelement (20; 22) und einen dessen Verlagerung erfassenden Positionssensor (18; 28) bestimmt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearelement durch eine in der Rotorebene gewählte Anordnung Dehnungen gezielt in der Rotorebene erfaßt, so daß bestimmte schädliche Schwingungsformen selektiv erfaßbar sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearelement ein GFK-Stab (20) aus einem Material ähnlicher Wärmeausdehnung wie die Rotorwandung ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearelement ein Stahldraht (22) ist, der zwischen zwei an der Rotorinnenwandung befestigten Klötzen gehalten wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahldraht (22) durch ein im wesentlichen in der Mitte angreifendes Federelement (26) in eine winklige Position gezogen ist und der Sensor (18) auf die winklig angeordnete Mitte im wesentlichen rechtwinklig zu diesem ausgerichtet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearelement (20; 22) außerhalb der Nabe im Wurzelbereich ein Rotorblatt mit einem entsprechenden Ort auf der gegenüberliegenden Wandung des nächsten Rotorblattes verbindet.

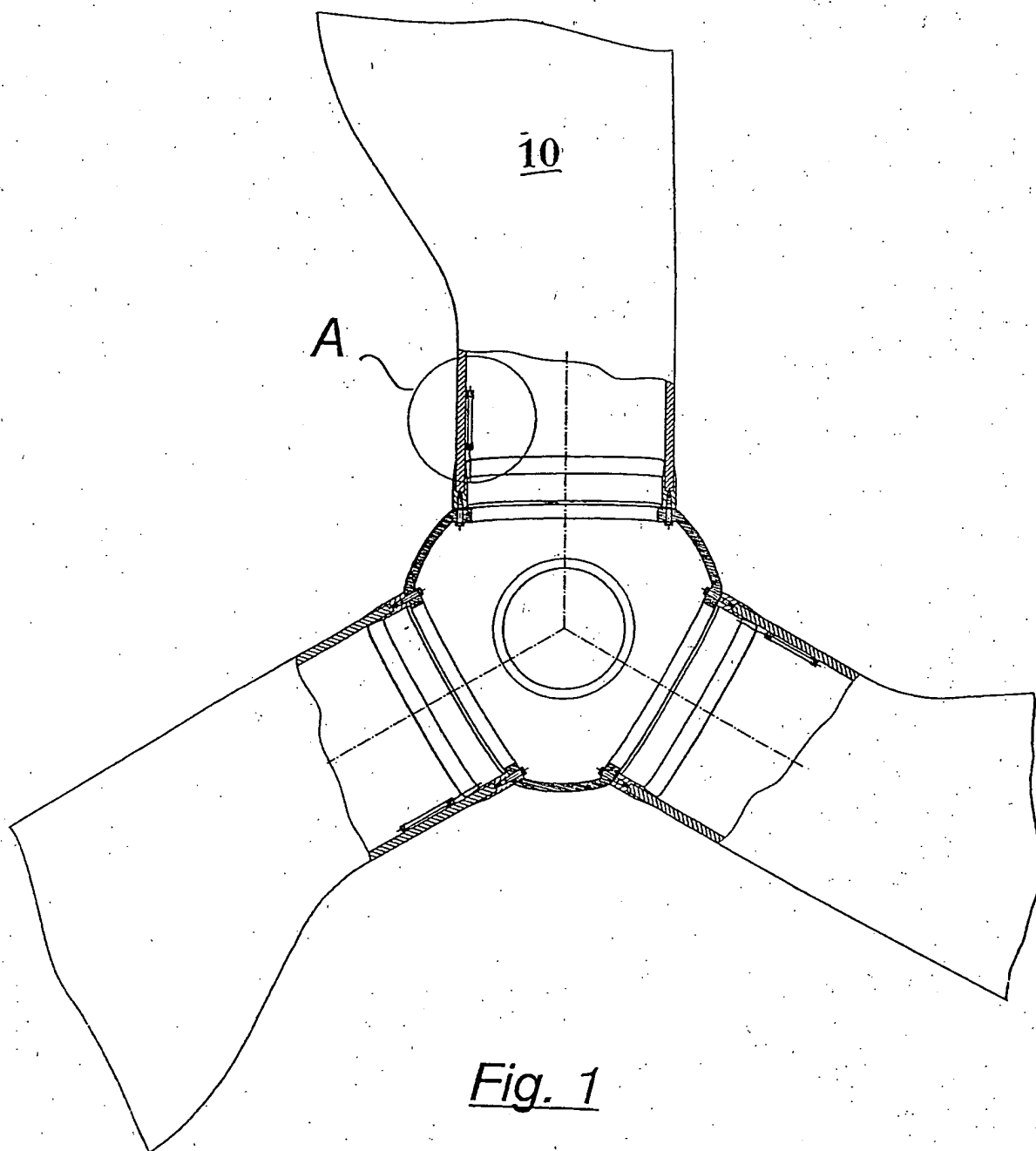
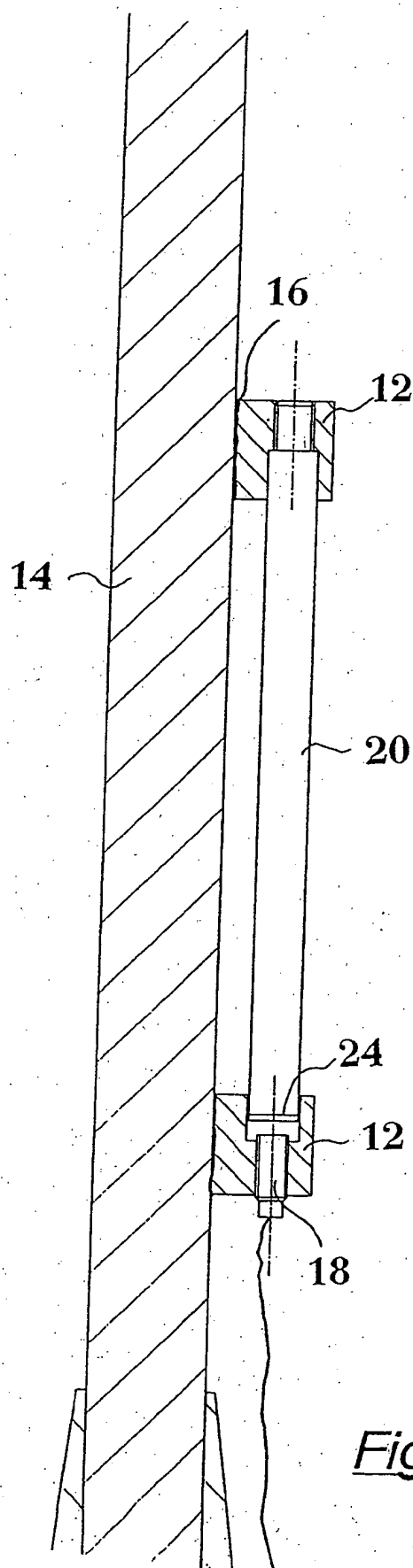
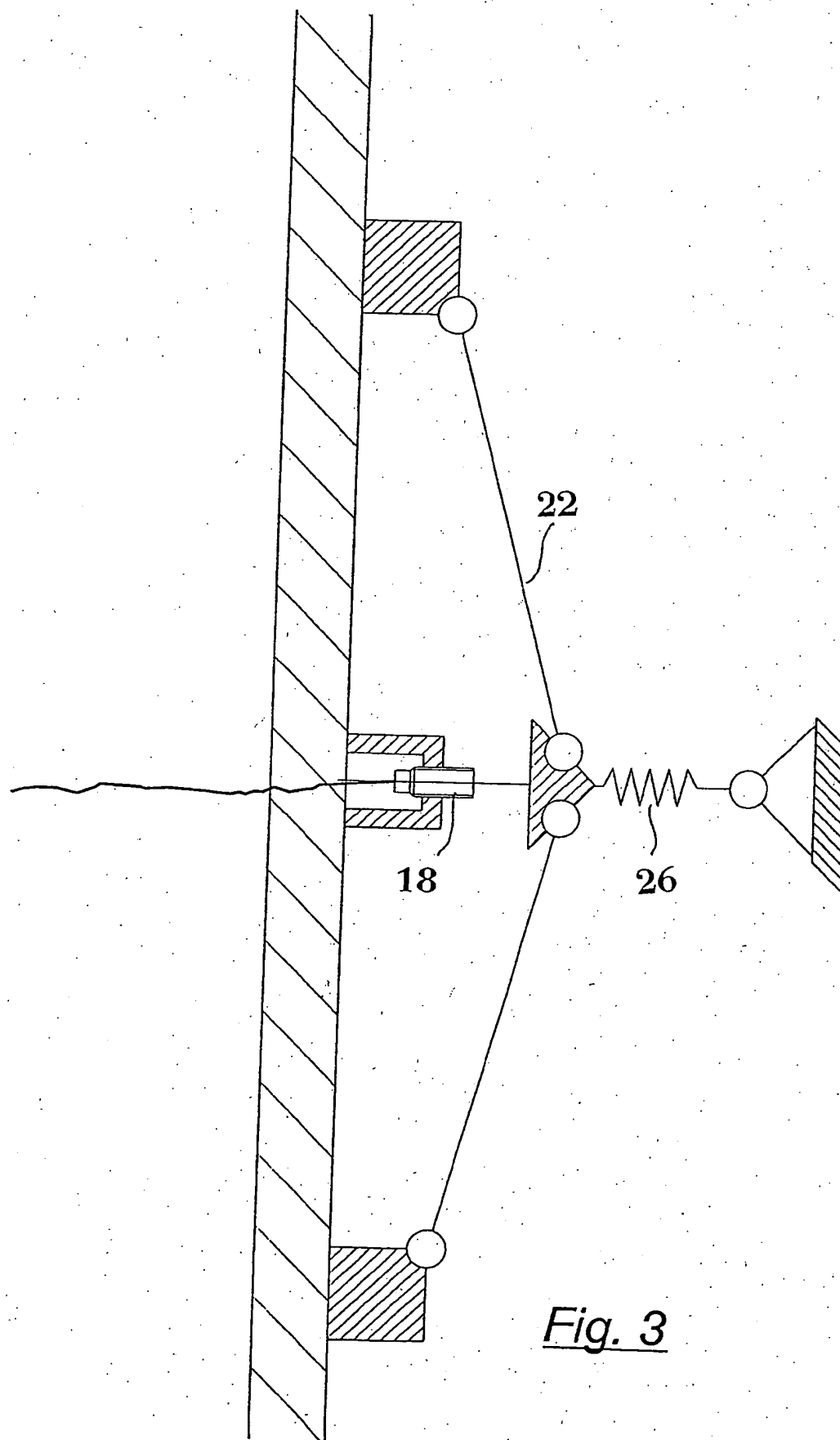


Fig. 1



*Fig. 2*



*Fig. 3*

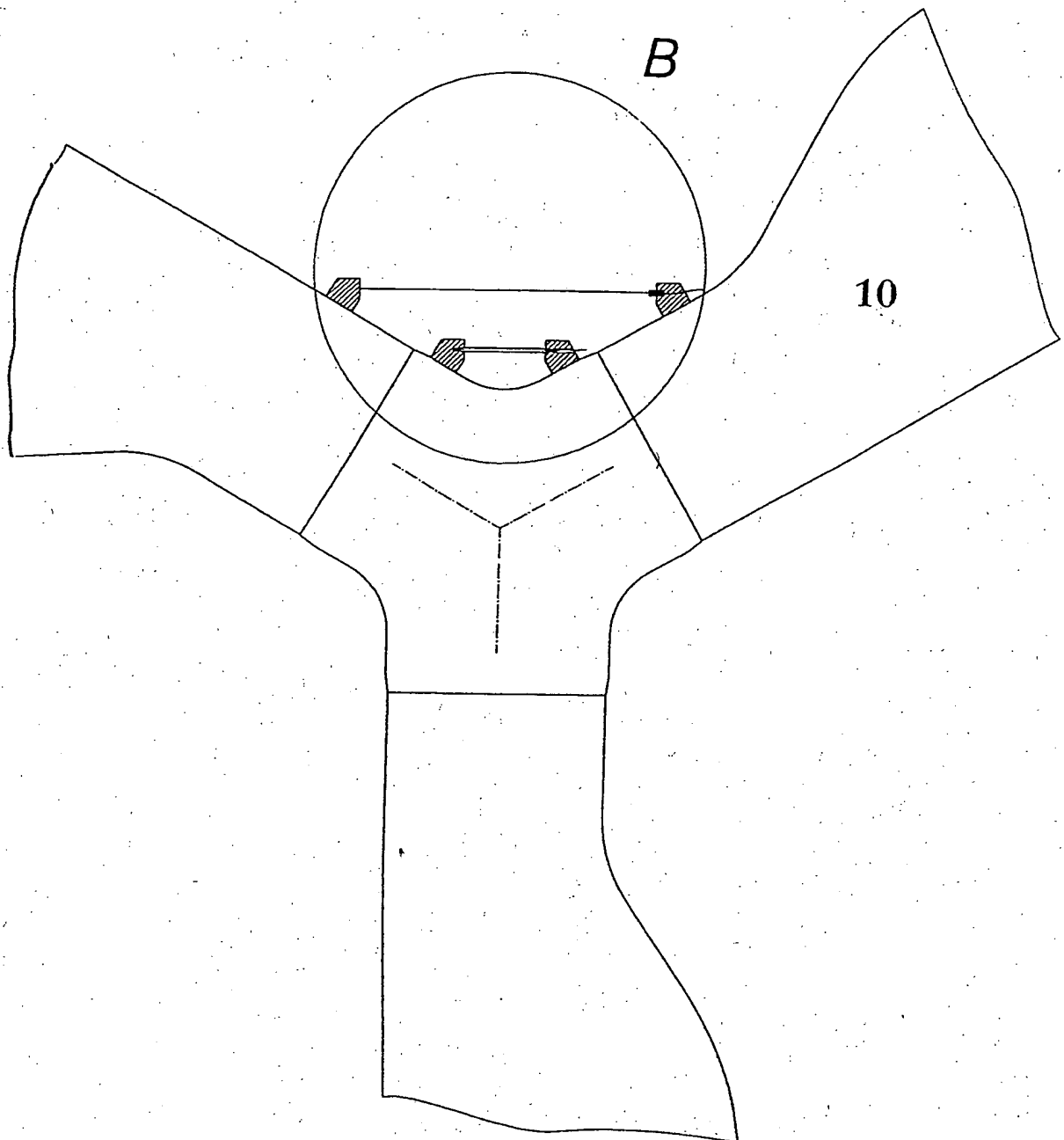


Fig. 4



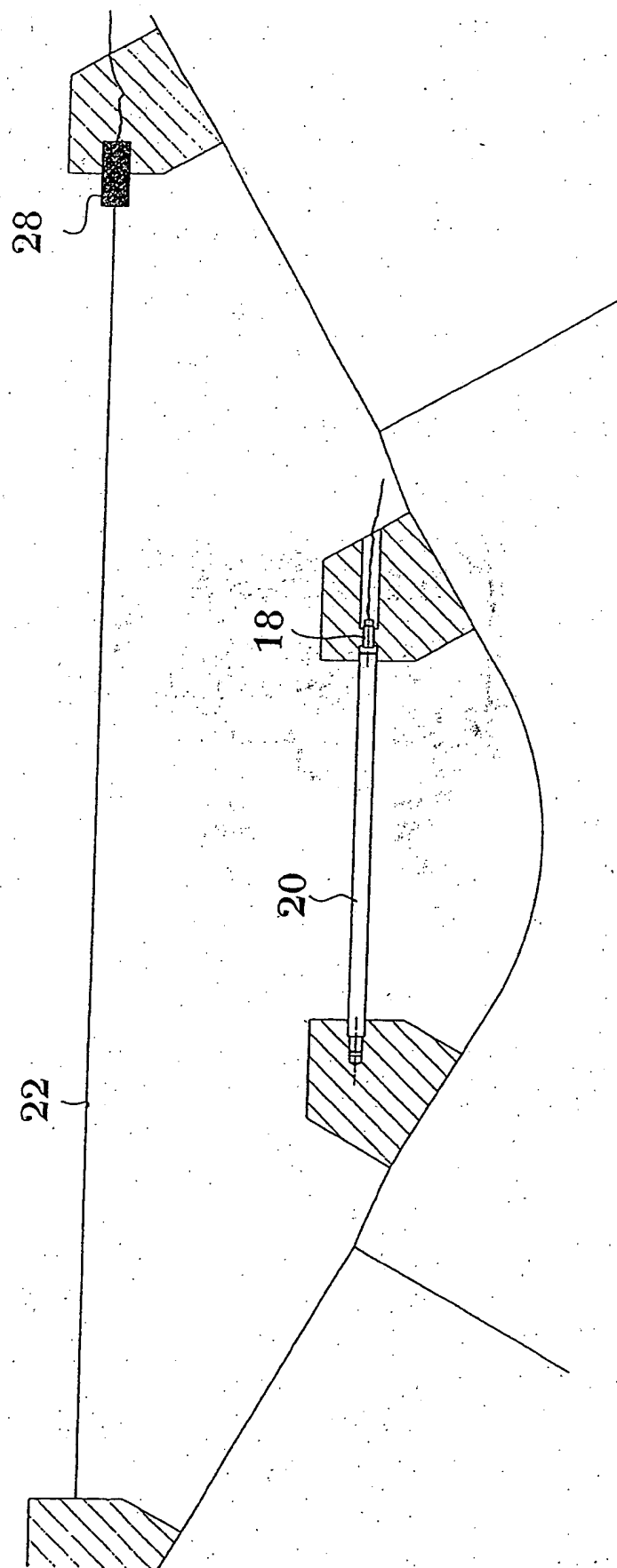


Fig. 5